



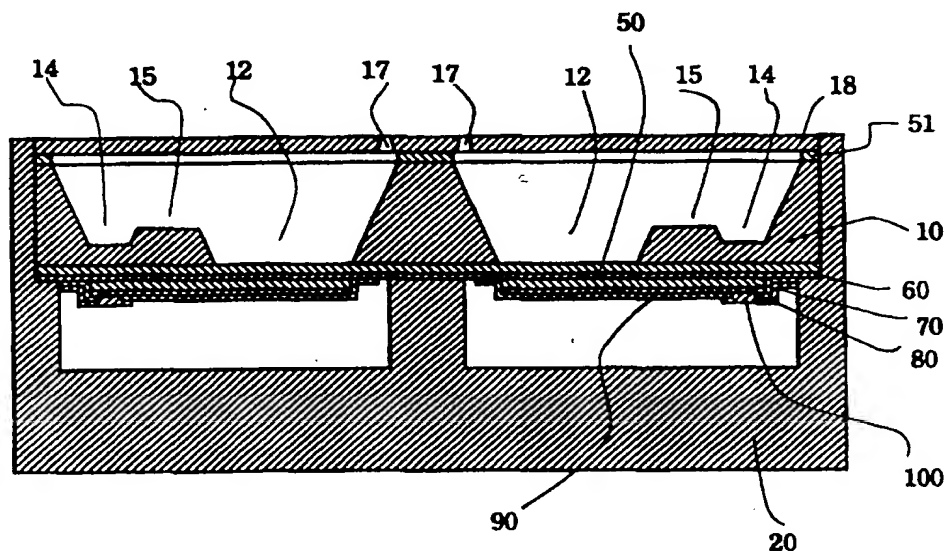
PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類 B41J 2/045</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO98/18632</p> <p>(43) 国際公開日 1998年5月7日(07.05.98)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP97/03916</p> <p>(22) 国際出願日 1997年10月28日(28.10.97)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平8/285698 1996年10月28日(28.10.96) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION)[JP/JP] 〒163 東京都新宿区西新宿二丁目4番1号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 酒井真理(SAKAI, Shinri)[JP/JP] 〒392 長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 鈴木喜三郎, 外(SUZUKI, Kisaburo et al.) 〒163 東京都新宿区西新宿二丁目4番1号 セイコーエプソン株式会社内 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 JP, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54)Title: INK JET RECORDING HEAD

(54)発明の名称 インクジェット記録ヘッド



(57) Abstract

Ink jet recording head having high resolution and high density using a thin film technology is provided by eliminating the drop of displacement characteristics of an oscillation film due to film tension of the oscillation film, the drop of reliability and uniformity due to the occurrence of warpage of a substrate and peel of a PZT film and a discharge failure due to the occurrence of sagging of the oscillation film. The film tension of the oscillation film comprising the combination of a silicon oxide film (50) having a negative film tension and a lower electrode film (60) having a positive film tension is substantially zero or negative, and the film tension as the sum of the film tension of this oscillation film and the film tension of a piezoelectric film (70) having a positive film tension is positive.

振動膜の膜張力によって、振動膜の変位特性が低下すること、基板の反りが発生し信頼性と均一性が低下すること、振動膜に弛みが発生しPZT膜の剥離や吐出不良が発生すること、を無くすことで、薄膜技術を用いた高解像度・高密度のインクジェット記録ヘッドを提供することを目的とする。

負の膜張力を持つ酸化シリコン膜(50)と正の膜張力を持つ下部電極膜(60)との組み合わせによる振動膜の膜張力が実質的に零あるいは負であり、この振動膜の膜張力に正の膜張力を持つ圧電体膜(70)の膜張力を加えた膜張力が正であるように構成されている。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AT	オーストリア	GB	イギリス	LV	ラトヴィア	TD	チャド
AZ	アゼルバイジャン	GE	ジョージア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GR	ギリシャ	MD	モルドヴァ	TM	トルクメニスタン
BB	ババルバドス	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TT	トリニダード・トバゴ
BF	ブルキナファソ	GW	ギニア・ビサウ	MK	マケドニア共和国	TR	トルコ
BG	ブルガリア	GU	グアム	ML	マリ	UA	ウクライナ
BJ	ベナン	HT	ハイチ	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	US	米国
BY	ベラルーシ	ID	インドネシア	MW	モザンビーク	UZ	ウズベキスタン
CA	カナダ	IE	アイルランド	MX	メキシコ	VN	ベトナム
CC	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラビア
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	NL	オランダ	ZW	ジンバブエ
CG	コンゴ	JP	日本	NO	ノルウェー		
CH	スイス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド		
CI	コートジボワール	KG	キルギス	PL	ポーランド		
CM	カメルーン	KR	韓国	PT	ポルトガル		
CN	中国	KZ	カザフスタン	RO	ルーマニア		
CO	コロンビア	LC	セント・ルシア	RU	ロシア		
CU	キューバ	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン		
CZ	チェコ	LR	リベリア	SG	シンガポール		
DE	ドイツ	LS	レソト	SI	スロベニア		
DK	デンマーク			SK	スロバキア		
EE	エストニア			SL	シエラレオネ		

## 明 細 書

## インクジェット記録ヘッド

技術分野

本発明は、インクジェット記録装置に用いられるインクジェット記録ヘッドに関する。本発明はインクにエネルギーを与える手段として、圧電体素子を用いてインク室内を加圧する手段を持つインクジェット記録ヘッドに関する。

背景技術

本発明に関する従来技術としては、米国特許第5,265,315号明細書、特表平5-504740号公報に開示された技術がある。

これらの従来例では、単結晶シリコン基板上に、熱酸化法により酸化シリコン膜を2500Åの厚さで形成後、アルミニウム、ニッケル、クロム、プラチナなどの下部電極層を0.2μmの厚さで形成し、次いで、ゾルゲル法により圧電体であるチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)を2~10μmで形成し、さらに、上部電極膜を積層した後、シリコン基板の裏面より、エッチングによってシリコン基板に貫通孔を形成し、インク室を形成している。

今日プリンタに要求される解像度の向上と印刷の高速化とを実現させるためには、インク室の大きさを小さくすると同時に、多数のインク室を高密度に配置せなければならない。インク室を小型化しながら、必要な特性を得るには、同時に振動膜と圧電体膜との厚さを薄くしなければならない。

振動膜及び圧電体膜の厚さが数μm以下となると、その製造方法として前記の従来技術にある通り、基板に薄膜を順次積層した後に圧電体膜を焼成し、しかる後にインク室を形成する方法が有効である。

しかし、上記の製法および構成で振動膜及び圧電体膜を形成する場合、PZT膜の熱処理に伴って下部電極膜が著しく収縮しようとし、大きな正の残留応力をもつようになる。

この下部電極膜の残留応力による膜張力は引っ張りの張力であり、他の膜の残

留応力による膜張力に比べて大きい。このため、振動膜は、丁度強く張られた太鼓の皮の様に、膜張力が振動膜の剛性を著しく大きくしてしまう。

このような振動膜の膜張力の影響は、振動膜の厚さが $10\mu\text{m}$ 以上であるような従来のインクジェット記録ヘッドでは特に問題とならなかった。なぜならば、従来の厚い振動膜では、膜の剛性は曲げ剛性が支配しており、この曲げ剛性は厚さの三乗に比例する。これに対し、膜張力による膜の剛性は厚さの一乗に比例する。従って、振動膜の膜厚が厚くなることにより曲げ剛性が急激に大きくなり、膜張力の影響は相対的には急激に小さくなるからである。

PZTを駆動したときの圧電変位は、この膜張力に対して仕事をするため、エネルギーを余分に必要とし、駆動電圧に対する変位効率を著しく低下させるという問題点を有している。

更に、基板上の膜張力は基板を反らせ、他の基板との接合時に、接合不良が生じ歩留まりが著しく低下する問題点を有している。

また、接合が正常に行われても、基板内で振動膜の膜張力にばらつきが生じてしまい、複数のインク室の特性が均一で無くなり、印刷品質を低下させるという問題点を有している。

逆に、振動膜の膜張力が圧縮の張力になると、振動膜に弛みが生じてしまい、インク滴の吐出が不安定になる問題点を有している。更に、下部電極膜とPZT膜の界面の剥離が発生したりするという問題点を有している。

本発明は、これらの課題を解決するためのものであり、その目的とするところは、高解像度で信頼性の高いインクジェット記録ヘッドを提供することにある。

### 発明の開示

前記目的を達成する本発明は、基板内に内包され側壁により区画された複数のインク室と、前記基板の表面に形成されて前記インク室の一方側を封止すると共に少なくとも上面が下部電極として作用する振動膜と、前記インク室に対応して前記振動膜上に配設された圧電体膜及び当該圧電体膜上に形成された上部電極を有する圧電体駆動部とを具備するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記振動膜を、正の膜応力を持つ層と、負の膜応力を持つ層との少なくとも二層を有する

積層膜として構成し、これらの膜応力により前記振動膜が持つ膜張力は実質的に零あるいは負であり、この振動膜の膜張力に前記圧電体膜の膜張力を加えた膜張力が正であるように構成したことを特徴とするインクジェット記録ヘッドにある。

また、基板内に内包され側壁により区画された複数のインク室と、前記基板面に形成され、前記インク室の一方側を封止すると共に上面に上部電極を有する振動膜と、前記インク室に対応して前記振動膜上に配設され且つ前記下部電極と上部電極とに挟持された圧電体膜とを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、前記振動膜を、正の膜応力を持つ層と、負の膜応力を持つ層との少なくとも二層を有する積層膜として構成し、これらの膜応力により前記振動膜が持つ膜張力は実質的に零あるいは負であり、この振動膜の膜張力に前記圧電体膜及び前記上部電極の膜張力を加えた膜張力が正であるように構成したことを特徴とするインクジェット記録ヘッドにある。

ここで、好適な実施態様では、前記振動膜は、単結晶シリコン基板面を酸化して形成した酸化シリコン層と、この酸化シリコン層上に積層した前記下部電極となる金属層とを有し、前記単結晶シリコン基板内に側壁により区画された複数のインク室を形成してもよい。

また、前記下部電極となる金属層は、例えば、前記酸化シリコン層上に直接あるいは中間層を介して形成された白金層であり、前記酸化シリコン層と前記白金層とが、

$$(\text{下部電極膜の厚み}) / (\text{酸化シリコン膜の厚み}) \leq 0.5$$

の関係にあるのがよい。

さらに、前記振動膜は、前記圧電体能動部の周囲で前記インク室の縁部に沿った領域の少なくとも一部に、当該圧電体能動部に対応する部分の前記振動膜の厚さよりも薄い膜厚を有する薄膜部を有してもよい。

また、前記振動膜は、単結晶シリコン基板面を酸化して形成した酸化シリコン層と、この酸化シリコン層上に積層された前記下部電極となる金属層とを有し、前記薄膜部では前記下部電極の厚さ方向の少なくとも一部が除去されていてもよい。

また、前記薄膜部は、例えば、前記圧電体能動部の幅方向両側に形成されてい

る。

本発明では、正の膜応力と負の膜応力の組み合わせで、零あるいは圧縮の膜張力とし、P Z Tを駆動したときの変位量を著しく低下させる振動膜の引っ張りの膜張力を発生させず、基板の反りも同時に小さくできる。更に圧電体膜の収縮による正の膜応力を組み合わせた時にこれらの積層膜に正の膜張力（引っ張りの膜張力）が生じることにより、振動膜の弛みやP Z T膜の剥離が抑えられる。

かかる本発明によれば、圧電体素子の駆動による振動膜の変位特性が、振動膜を構成する部材の持つ膜張力により低下するのを抑えることができる。従って、駆動電圧を低く抑えながら、インク滴の吐出能力を十分に高くすることができる。また、基板の反り量を十分に小さく抑える事で、接合による特性の劣化や、接合不良による歩留まり低下を低く抑えることができる。更に、振動膜が引っ張りの膜張力になるのを抑えても、振動膜に弛みを生じることが無いため、インク滴の吐出が不安定になったり、下部電極膜とP Z T膜の界面の剥離が発生したりすることが無く、均一性と信頼性を確保しながら、可及的に記録ヘッドの性能を向上することができ、薄膜技術を用いた高解像度・高密度のインクジェット記録ヘッドを供給することができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

第2図は、本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドの断面図である。

第3図は、本発明の実施形態1の薄膜製造工程を示す図である。

第4図は、本発明の実施形態1の薄膜製造工程を示す図である。

第5図は、本発明の実施形態1の薄膜製造工程を示す図である。

第6図は、本発明の実施形態2に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

第7図は、本発明の実施形態2の変形例を示す平面図である。

第8図は、本発明の実施形態2の変形例を示す平面図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を一実施形態に基づいて詳細に説明する。

#### (実施形態 1)

第 1 図は、本発明の一実施形態に係るインクジェット記録ヘッドを示す組立斜視図であり、第 2 図は、その 1 つのインク室の長手方向における断面構造を示す図である。

図示するように、単結晶シリコン基板からなる流路形成基板 10 は、本実施形態では面方位 (110) を有し、通常、150～300 $\mu$ m 程度の厚さのものが用いられ、望ましくは 180～280 $\mu$ m 程度、より望ましくは 220 $\mu$ m 程度の厚さのものが好適である。これは、隣接するインク室間の隔壁の剛性を保ちつつ、配列密度を高くできるからである。

流路形成基板 10 の一方の面は開口面となり、他方の面には予め熱酸化により形成した二酸化シリコンからなる、厚さ 1～2 $\mu$ m の酸化シリコン膜 50、及び下部電極膜 60 により振動膜が構成されている。また、インク室 12 の部分の振動膜には、インク室 12 の幅より狭い幅で圧電体膜 70 が積層され、この圧電体膜 70 上には、上部電極膜 80 が形成されている。

一方、流路形成基板 10 の開口面には、後述するように、異方性エッチングすることにより、複数の複数の隔壁 11 により区画されたインク室 12 が同一ピッチで列 13 をなして形成されている。インク室 12 の列 13 は、2 列あり、2 列のインク室 12 の回りには、三方を囲むように略コ字状に配置されたりザーバ 14 と、各インク室 12 とりザーバ 14 とを一定の流体抵抗で連通するインク供給口 15 がそれぞれ形成されている。なお、各インク室 12 の一端に連通する各インク供給口 15 は、インク室 12 より浅く形成されている。すなわち、インク供給口 15 は、シリコン単結晶基板を厚さ方向に途中までエッチング（ハーフエッチング）することにより形成されている。ここで、ハーフエッチングは、エッチング時間の調整により行われる。

なお、流路形成基板 10 の対角線上の二つの隅部には、流路形成基板 10 の位置合わせのための基準孔 30 が形成されている。

また、流路形成基板 10 の開口面側には、各インク室 12 のインク供給口 15 とは反対側で連通するノズル開口 17 が穿設されたノズルプレート 18 が接着剤や熱溶着フィルム等を介して固着されている。なお、ノズルプレート 18 は、厚さが例えば、0.1~1mm で、線膨張係数が 300℃以下で、例えば 2.5~4.5 [ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ] であるガラスセラミックス、又は不銹鋼などからなる。ノズルプレート 18 は、一方の面で流路形成基板 10 の一面を全面的に覆い、流路形成基板 10 を衝撃や外力から保護する補強板の役目も果たす。なお、ノズルプレート 18 には、流路形成基板 10 の基準孔 30 に対応する位置に基準孔 19 が形成されている。

ここで、インク滴吐出圧力をインクに与えるインク室 12 の大きさと、インク滴を吐出するノズル開口 17 の大きさととは、吐出するインク滴の量、吐出スピード、吐出周波数に応じて最適化される。例えば、1インチ当たり 360 個のインク滴を記録する場合、ノズル開口 17 は数十  $\mu\text{m}$  の径で精度よく形成する必要がある。

一方、上述のように、流路形成基板 10 の開口面とは反対側の酸化シリコン膜 50 の上には、厚さが例えば、約 0.5  $\mu\text{m}$  の下部電極膜 60 と、厚さが例えば、約 1  $\mu\text{m}$  の圧電体膜 70 と、厚さが例えば、約 0.1  $\mu\text{m}$  の上部電極膜 80 とが、後述するプロセスで積層形成されて、圧電体素子を構成している。このように、酸化シリコン膜 50 の各インク室 12 に対向する領域には、各インク室 12 毎に独立して圧電体素子が設けられているが、本実施形態では、下部電極膜 60 は圧電体素子の共通電極とし、上部電極膜 80 を圧電体素子の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はなく、各インク室 12 毎に圧電体膜 70 及び上部電極膜 80 を有する圧電体能動部が形成されていることになる。

本実施形態では、インク室 12 の配列方向の長さを 75  $\mu\text{m}$ 、その奥行き方向の長さを 2mm とし、圧電体膜 70 の配列方向の長さは 60  $\mu\text{m}$  とし、インク室 12 上に形成した。インク室 12 の配列方向のピッチは、141  $\mu\text{m}$  (1インチ当たりのノズル配置を 180 本) とし、34 本を一行に配置した。すなわち、圧電体膜 70 及び上部電極膜 80 からなる圧電体能動部が、インク室 12 の上部のみにあり、配列方向のインク室 12 の無い部分には圧電体膜 70 が無いことによ



り、電圧を印加してインク室 12 に対応する振動膜を変形させる際に、小さい電圧で同じ変位量が得られるようになっている。

そして、このような流路形成基板 10 及びノズルプレート 18 は、これらを保持する凹部を有する固定部材 20 に固定される。なお、固定部材 20 にも、流路形成基板 10 の基準孔 30 と対応する位置に基準孔 20a が形成されている。

また、かかる各上部電極膜 80 の上面の少なくとも周縁、及び圧電体膜 70 の側面を覆うように電気絶縁性を備えた絶縁体層 90 が形成されている。絶縁体層 90 は、成膜法による形成やまたエッチングによる整形が可能な材料、例えば酸化シリコン、窒化シリコン、有機材料、好ましくは剛性が低く、且つ電気絶縁性に優れた感光性ポリイミドで形成するのが好ましい。

ここで、シリコン単結晶基板からなる流路形成基板 10 上に、圧電体膜 70 等を形成するプロセスを第 3 図及び第 4 図を参照しながら説明する。

第 3 図 (a) に示すように、まず、面方位 (110) を有する厚さ  $220\mu\text{m}$  の流路形成基板 10 のウェハを約  $1200^{\circ}\text{C}$  で湿式熱酸化し、流路形成基板 10 の両面に酸化シリコン膜 50、51 を一度に形成する。

次に、第 3 図 (b) に示すように、スパッタリングで下部電極膜 60 を形成する。下部電極膜 60 の材料としては、Pt 等が好適である。これは、スパッタリングやゾルゲル法で成膜する後述の圧電体膜 70 は、成膜後に大気雰囲気下又は酸素雰囲気下で  $600\sim 1000^{\circ}\text{C}$  程度の温度で焼成して結晶化させる必要があるからである。すなわち、下部電極膜 70 の材料は、このような高温、酸化雰囲気下で導電性を保持できなければならず、殊に、圧電体膜 70 として PZT を用いた場合には、PbO の拡散による導電性の変化が少ないことが望ましく、これらの理由から Pt が好適である。

また、本実施形態では、酸化シリコン膜 51 と下部電極膜 60 の間に、密着力を向上させる中間層 (図示せず) として、チタンと酸化チタンとチタンとを順次数十 Å 形成した。中間層のチタン、酸化チタン、チタン及び下部電極膜 60 は、直流スパッタリング法により 4 層連続形成し、その中で酸化チタンは 10% 酸素雰囲気によるリアクティブスパッタリング法によって形成した。

したがって、本実施形態では、振動膜は、酸化シリコン膜 50、中間層及び下

部電極膜 60 の多層から形成される。なお、中間層は必ずしも設ける必要はなく、酸化シリコン膜 51 および下部電極膜 60 のみで振動膜を形成してもよい。

次に、第 3 図 (c) に示すように、圧電体膜 70 を成膜する。この圧電体膜 70 の成膜にはスパッタリングを用いることもできるが、本実施形態では、金属有機物を溶媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体膜 70 を得る、いわゆるゾルーゲル法を用いている。

ゾルーゲル法による圧電体膜 70 は、酢酸鉛 0.105 モル、ジルコニウムアセチルアセトナート 0.045 モル、酢酸マグネシウム 0.005 モルと 30 ミリリットルの酢酸を、100℃に加熱して溶解させた後、室温まで冷却し、チタニテトライソプロポキシド 0.040 モル、ペンタエトキシニオブ 0.010 モルをエチルセロソルブ 50 ミリリットルに溶解させて添加し、アセチルアセトンを 30 ミリリットル添加して安定化させた後、ポリプロピレングリコール（平均分子量 400）をゾル中の金属酸化物に対し 30 重量％添加し、よく攪拌して得た均質なゾルを原料とした。下部電極膜 60 上に調製したゾルをスピンコートで塗布し、400℃で仮焼成し、非晶質の多孔質ゲル薄膜を形成し、この塗布と仮焼成とを必要な膜厚となるまで繰り返した。次に、RTA（Rapid Thermal Annealing）を用いて酸素雰囲気中、5 秒間で 650℃に加熱して 1 分間保持することによりプレアニールを行った。更に、RTA を用いて酸素雰囲気中 900℃に加熱して 1 分間保持することによりアニールし、最終的な PZT 圧電体薄膜を得た。このようにして得られる圧電体膜の物性を測定したところ比誘電率 2000、圧電ひずみ定数  $d_{31}$  は  $-150 \text{ pC/N}$  と優れた特性を示した。

次に、第 3 図 (d) に示すように、直流スパッタリング法により白金 (Pt) を 200 Å の厚さで形成して上部電極膜 80 を成膜する。なお、上部電極膜 80 は、導電性の高い材料であればよく、Pt の他、Al、Au、Ni 等の多くの金属や、導電性酸化物等を使用できる。

次に、第 4 図に示すように、下部電極膜 60、圧電体膜 70 及び上部電極膜 80 をバターニングする。

まず、第 4 図 (a) に示すように、酸化シリコン膜 51 にフォトリジストを形

成し、開口部を設け、酸化シリコン膜 5 1 を弗酸と弗化アンモニウムの水溶液でパターンニングし、開口部 5 1 a を形成する。この開口部 5 1 a の奥行き方向、すなわち紙面に垂直な方向を流路形成基板 1 0 の  $\langle 112 \rangle$  方向としておく。

次いで、第 4 図 (b) に示すように、下部電極膜 6 0、圧電体膜 7 0 及び上部電極膜 8 0 を一緒にエッチングして下部電極膜 6 0 の全体パターンをパターンニングする。次いで、第 4 図 (c) に示すように、圧電体膜 7 0 及び上部電極膜 8 0 のみをエッチングして圧電体能動部 3 2 0 のパターンニングを行う。

以上のように、下部電極膜 6 0 等をパターンニングした後は、好ましくは、各上部電極膜 8 0 の上面の少なくとも周縁、及び圧電体膜 7 0 および下部電極膜 6 0 の側面を覆うように電気絶縁性を備えた絶縁体層 9 0 を形成する(第 2 図参照)。

そして、絶縁体層 9 0 の各圧電体能動部 3 2 0 の一端部に対応する部分の上面を覆う部分の一部には、コンタクトホール 9 0 a が形成されている。そして、このコンタクトホール 9 0 a を介して各上部電極膜 8 0 に一端が接続し、また他端が接続端子部に延びるリード電極 1 0 0 が形成されている。

このような絶縁体層及びリード電極の形成プロセスを第 5 図に示す。

まず、第 5 図 (a) に示すように、上部電極膜 8 0 の周縁部、圧電体膜 7 0 および下部電極膜 6 0 の側面を覆うように絶縁体層 9 0 を形成する。この絶縁体層 9 0 は、本実施形態ではネガ型の感光性ポリイミドを用いている。

次に、第 5 図 (b) に示すように、絶縁体層 9 0 をパターンニングすることにより、各インク室 1 2 のインク供給側の端部近傍に対応する部分にコンタクトホール 9 0 a を形成する。なお、コンタクトホール 9 0 a は、インク室 1 2 の圧電体能動部 3 2 0 に対応する部分に設ければよく、例えば、中央部やノズル側端部に設けてもよい。

次に、例えば、Cr-Au などの導電体を全面に成膜した後、パターンニングすることにより、リード電極 1 0 0 を形成する。

以上が膜形成プロセスである。このようにして膜形成を行った後、第 5 図 (c) に示すように、80℃の水酸化カリウム水溶液に浸せきすることで、酸化シリコン膜 5 1 の開口部 5 1 a から流路形成基板 1 0 の異方性エッチングを行い、酸化シリコン膜 5 0 が露出するまでエッチングを進め、インク室 1 2 を形成する。

この異方性エッチングでは、上述のように、流路形成基板 10 の面方位が (110) であり、更に開口部 51a の奥行き方向が <112> 方向であるから、インク室 102 の奥行き方向の辺を形成する側壁の面を (111) 面とすることができる。

また、水酸化カリウム水溶液を用いた場合、単結晶シリコンの (110) 面と (111) 面のエッチング速度の比は 300 : 1 程度となり、流路形成基板 10 の厚み 220  $\mu\text{m}$  の深さの溝をサイドエッチング 1  $\mu\text{m}$  程度に抑えることができるので、インク室 12 を精度よく形成できる。

このようなインクジェット式記録ヘッドでは、上述の一連の膜形成及び異方性エッチングで、一枚のウェハ上に多数のチップを同時に形成し、プロセス終了後、第 1 図に示すような一つのチップサイズの各流路形成基板 10 に分割する。また、分割した流路形成基板 10 を、ノズルプレート 18 および固定部材 20 と順次接着して一体化し、インクジェット式記録ヘッドとする。

このように構成したインクジェットヘッドは、図示しない外部インク供給手段と接続したインク導入口 16 からインクを取り込み、リザーバ 14 からノズル開口 17 に至るまで内部をインクで満たした後、図示しない外部の駆動回路からの記録信号に従い、導電パターン 100 を介して下部電極膜 60 と上部電極膜 80 との間に電圧を印加し、酸化シリコン膜 50 と圧電体膜 70 とをたわみ変形させることにより、インク室 12 内の圧力が高まりノズル開口 17 からインク滴が吐出する。

ここで、上述のようなインクジェット記録ヘッドの酸化シリコン膜 50、51、下部電極膜 60、圧電体膜 70 の各膜の膜張力について説明する。

酸化シリコン膜は、熱酸化により形成したため、シリコン基板上で膨張し、負の膜応力を持っている。即ち、酸化シリコン膜はシリコン基板から圧縮力を受け、逆にシリコン基板は酸化シリコン膜から引っ張り力を受けている。この酸化シリコン膜の圧縮の膜張力がシリコン基板の両面に等しく作用するため、シリコン基板は反ることはない。

これに対し、下部電極膜と圧電体膜は、高温での熱処理により、その降温過程で収縮し、常温ではシリコン基板上で正の膜応力を持っている。即ち、下部電極

膜と圧電体膜はシリコン基板から引っ張り力を受け、逆にシリコン基板は下部電極膜と圧電体膜から圧縮力を受けている。ここで、シリコン基板は他の膜と比較し十分に厚いため、膜張力の作用対象をシリコン基板と表現した。下部電極膜と圧電体膜に働いている引っ張りの膜張力により、膜を積層したシリコン基板は、下部電極膜（あるいは圧電体膜）の面を凹にして反ることになる。

各膜の膜張力あるいは膜応力は、以下の様にして測定した。

膜張力により、シリコン基板は反るが、この時の反りの曲率半径をRとすると、曲率半径Rと薄膜の膜張力T、あるいは応力 $\sigma$ との間は、以下の関係式で表せる。

$$\frac{1}{R} = \frac{6d(1-\nu_s)}{E_s D^2} \sigma = \frac{6(1-\nu_s)}{E_s D^2} T$$

ここで、dは薄膜の厚さ、Dはシリコン基板の厚さ、 $\nu_s$ はシリコン基板のポアソン比、 $E_s$ はシリコン基板のヤング率である。

反り量の測定では、シリコンの弾性定数が異方性を持つため、特定の結晶方位に沿った短冊状のサンプルを用い、計算では、その方向でのヤング率とポアソン比を用いて行った。

酸化シリコン膜50の膜張力は、シリコン基板10の一方の面の酸化シリコン膜51をエッチングで除去した後の反り量から求めた。

圧電体膜70の膜張力は、圧電体膜70をエッチングで除去し、その前後での反り量の変化分を圧電体膜70による反り量として求めた。

下部電極膜60の膜張力は、圧電体膜70を除去した後の反り量から求めた。この時、酸化シリコン膜はシリコン基板の両面に形成した状態とする必要がある。

以上のようにして求めた膜張力から膜応力を求めるには、膜のヤング率が必要である。膜のヤング率の測定は、膜応力が影響しないよう注意深く行う必要がある。両持ち梁を使った測定や周辺固定の膜を使った測定では、膜張力のため全く異なった値となるため、片持ち梁のサンプルを用いて、その加重-撓み特性からヤング率を求めた。

(第1の膜構成)

本発明の第1の膜構成を表1に示す。

【表 1】

	膜厚 (nm)	ヤング率 (Pa)	膜応力 (Pa)	膜張力 (N/m)
酸化シリコン膜	1 0 0 0	$6 \times 10^{10}$	$-2.2 \times 10^8$	-2 1 6
白金下部電極膜	5 0 0	$1.5 \times 10^{11}$	$3.9 \times 10^8$	1 9 5
P Z T 圧電体膜	1 0 0 0	$5 \times 10^{10}$	$1.5 \times 10^8$	1 5 0

本構成では、(下部電極膜の厚み) / (酸化シリコン膜の厚み) を 0.5 とした。下部電極膜と酸化シリコン膜は、その膜厚や熱処理方法によっては多少の膜応力の変動が見られるが、この膜厚比を 0.5 とすることで、ほぼ下部電極膜 60 と酸化シリコン膜 50 の膜張力を釣り合わせることが出来る。従って、振動膜の膜張力が実質的に零となるような構成となる。インク室 12 の並び方向での基板の反り量は、インク室 12 が配置されている範囲で  $3 \mu\text{m}$  振動膜側が凹となった。本実施形態ではシリコン基板 10 とノズルプレート 18 等とを接着剤で接合したが、この反り量では接合の不良は全く生じなかった。また、接合後の振動膜の変位特性も変化は見られなかった。

本構成の圧電体素子に電圧 10 V を印加したときの変位量は 110 nm であった。これに対し、本構成でインク室 12 に面した酸化シリコン膜 50 の部分を、エッチングで除去したものを作成し、電圧 10 V を印加したときの変位量は 80 nm であった。また、振動膜の剛性（コンプライアンス）を測定した結果、酸化シリコン膜 50 の除去前後で、剛性の変化は僅かであった。一般には、酸化シリコン膜を除去することで、振動膜の曲げ剛性が小さくなり、その分、電圧印加による変位量が大きくなるはずである。本実施形態では、膜張力が大きく膜厚が薄いため、負の膜張力を持つ酸化シリコン膜が無いと下部電極膜 60 の正の膜張力で、振動膜に強い引っ張り張力が作用してしまい、この膜張力が曲げ剛性の低下分を相殺するように働く。本構成の様に、振動膜の膜張力が実質的に零となる（あるいは負となる）ように構成することによって、圧電体素子による振動膜の変位効率を著しく向上させることができる。

#### (第 2 の膜構成)

本発明の第 2 の膜構成を表 2 に示す。

【表 2】

	膜厚 (nm)	ヤング率 (Pa)	膜応力 (Pa)	膜張力 (N/m)
酸化シリコン膜	1 5 0 0	$6 \times 10^{10}$	$-1.9 \times 10^8$	-288
白金下部電極膜	4 0 0	$1.5 \times 10^{11}$	$3.9 \times 10^8$	156
P Z T 圧電体膜	1 0 0 0	$5 \times 10^{10}$	$1.5 \times 10^8$	150

本構成では、(下部電極膜の厚み) / (酸化シリコン膜の厚み) を 0.27 とした。酸化シリコン膜の膜張力が下部電極膜の膜張力より、その絶対値が大きいため、振動膜としては負の膜張力が働いている。この振動膜の膜張力に P Z T 圧電体膜の膜張力を合わせると膜全体としては正の膜張力となり、振動膜に弛みを生じることなく、インク滴の吐出が正常かつ安定して実現できた。また、シリコン基板 10 のエッチングプロセスを経ても、膜の剥離は見られなかった。

インク室 12 の並び方向での基板の反り量は、インク室が配置されている範囲で 1  $\mu$ m 振動膜側が僅かに凹となったが、実質的には零であり、接合で問題が生じることなくあった。

本構成の圧電体素子に電圧 10 V を印加したときの変位量は 120 nm で、第 1 の構成よりおよそ 1 割向上した。また、振動膜の剛性 (コンプライアンス) は第 1 の構成より 1 割大きく (コンプライアンスでは 1 割小さく) なった。従って、低い駆動電圧で高いインク室圧力を発生することができ、総合すると第 1 の構成より 2 割の特性向上が見られた。

(第 3 の膜構成)

本発明の第 3 の膜構成を表 3 に示す。

【表 3】

	膜厚 (nm)	ヤング率 (Pa)	膜応力 (Pa)	膜張力 (N/m)
酸化シリコン膜	1 5 0 0	$6 \times 10^{10}$	$-1.9 \times 10^8$	-288
白金下部電極膜	4 0 0	$1.5 \times 10^{11}$	$3.9 \times 10^8$	156
P Z T 圧電体膜	6 0 0	$5 \times 10^{10}$	$1.5 \times 10^8$	90

本構成では、第 2 の膜構成に対して P Z T 圧電体膜の厚さを薄くした。この構成では、下部電極膜と P Z T 圧電体膜の正の膜張力より酸化シリコン膜の負の膜

張力が強く、振動膜に弛みが生じてしまう。この弛みは顕微鏡等では確認が難しい場合があったが、インク滴の吐出が不安定になり、インク室12間での特性の差が非常に大きくなる。また、シリコン基板10のエッチングプロセスで膜の剥離が生じることが有り、歩留まりが低下してしまった。

(第4の膜構成)

本発明の第4の膜構成を表4に示す。

【表4】

	膜厚 (nm)	ヤング率 (Pa)	膜応力 (Pa)	膜張力 (N/m)
酸化シリコン膜	500	$6 \times 10^{10}$	$-2.3 \times 10^8$	-114
白金下部電極膜	500	$1.5 \times 10^{11}$	$3.9 \times 10^8$	195
PZT圧電体膜	1000	$5 \times 10^{10}$	$1.5 \times 10^8$	150

本構成では、第1の膜構成に対して酸化シリコン膜の厚さを薄くし、(下部電極膜の厚み) / (酸化シリコン膜の厚み) を1とした。酸化シリコン膜の膜張力は下部電極膜の膜張力より、その絶対値が小さいため、振動膜としては正の膜張力が働いている。この振動膜の膜張力により、インク室12の並び方向での基板の反り量は、インク室が配置されている範囲で9  $\mu$ m振動膜側が凹となった。この反りのため、部分的な接合不良が生じ、歩留まりが低下した。また、接合によって反りが変化するため、振動膜の膜張力がインク室毎にばらついてしまい、変位量のばらつき、膜剛性のばらつきが大きくなった。そのため、インク滴の吐出がインクジェット記録ヘッド内で異なってしまい、印刷品質の低下を起こした。

以上で述べた実施例は、酸化シリコン膜と白金膜の組み合わせであるが、他の組み合わせも可能である。

一般に基板面に第2の元素を進入させて膜を形成する場合(前記実施形態では酸素が相当する)に、膜に負の応力が発生する。従って、酸化シリコン膜の他にシリコン基板面にボロンドープや窒化を行った膜でも同様の効果が得られる。

また、白金の他にはパラジウム膜や両者を合わせた膜でも良い。

また、上記実施形態では上部電極膜80の膜張力は他の膜張力に比較して十分小さいために、その影響を考慮しなかったが、上部電極膜80の材料、膜厚、あ



るいは形成方法を選ぶことで上部電極膜 80 の引っ張りの膜張力を大きくして、この上部電極膜 80 と圧電体膜 70 とを合わせた膜張力と振動膜の膜張力とを加えて、正の膜張力としても、同様の効果が得られる。

### (実施形態 2)

第 6 図には、本発明の実施形態 2 に係るインクジェット式記録ヘッドの圧電体能動部および圧力発生室の形状を示す。

本実施形態は、圧電体膜 70 および上部電極膜 80 からなる圧電体能動部 320 の幅方向両側に隣接して、下部電極膜 60 を除去した下部電極膜除去部 350 を設けた以外は実施形態 1 と同様である。

下電極除去部 350 は、上部電極 80 及び圧電体膜 70 がパターンニングされた後、エッチングにより所定パターンに形成される。第 6 図 (a) に示すように本実施形態では、下電極除去部 350 が設けられた部分は、振動膜のいわゆる腕部と呼ばれている部分であり、インク室 12 の幅方向両側に沿った縁部近傍に対向する部分であり、第 6 図 (b) の A-A' 断面に示すように、圧電体能動部 320 の両側の下部電極膜 60 が除去されている。

このように下部電極膜除去部 350 を設けることにより、圧電体能動部 320 への電圧印加による変位量の向上を図ることができる。

なお、本実施形態では、下電極除去部 350 は、下部電極膜 60 を完全に除去することにより形成したが、第 6 図 (c) に示すように、ハーフエッチング等により、下部電極膜 60 の一部を除去して薄膜とした下部電極膜除去部 350 A としてもよい。

この下電極除去部のパターンは、上述の例に限定されず、例えば、第 7 図に示すように、下電極除去部 350 B を圧電体能動部 320 の両端部よりも長手方向外側まで形成してもよい。

また、例えば、第 8 図に示すように、下電極除去部 350 C を圧力発生室 12 の一端部を除いて 3 方の縁部に沿ってコ字状に設けてもよい。

### (他の実施形態)

以上、本発明の各実施形態を説明したが、インクジェット式記録ヘッドの基本的構成は上述したものに限定されるものではない。

例えば、上述した実施形態では、ノズル開口 17 を流路形成基板 10 の面に垂直な方向に設けているが、ノズル開口 17 を流路形成基板 10 の端面に形成して、インクが面に平行な方向に吐出するように形成してもよい。

また、圧電体素子とリード電極との間に絶縁体層を設けた例を説明したが、これに限定されず、例えば、絶縁体層を設けずに、各上部電極膜に異方性導電膜を熱溶着し、この異方性導電膜をリード電極と接続したり、その他、ワイヤボンディング等の各種ボンディング技術を用いて接続したりする構成としてもよい。

このように、本発明は、その趣旨に反しない限り、種々の構造のインクジェット式記録ヘッドに応用することができる。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明に係るインクジェット記録ヘッドは、紙、金属、樹脂、布地等の記録媒体にインクを用いて、文字・画像情報を記録するインクジェット記録装置に用いて好適である。

さらに、小型、高密度、改善された特性を生かし、小型且つ高性能のインクジェット記録装置に用いられるインクジェット記録ヘッドとして最適である。

## 請求の範囲

1. 基板内に内包され側壁により区画された複数のインク室と、前記基板の表面に形成されて前記インク室の一方側を封止すると共に少なくとも上面が下部電極として作用する振動膜と、前記インク室に対応して前記振動膜上に配設された圧電体膜及び当該圧電体膜上に形成された上部電極を有する圧電体能動部とを具備するインクジェット記録ヘッドにおいて、

前記振動膜を、正の膜応力を持つ層と、負の膜応力を持つ層との少なくとも二層を有する積層膜として構成し、これらの膜応力により前記振動膜が持つ膜張力は実質的に零あるいは負であり、この振動膜の膜張力に前記圧電体膜の膜張力を加えた膜張力が正であるように構成したことを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

2. 基板内に内包され側壁により区画された複数のインク室と、前記基板面に形成され、前記インク室の一方側を封止すると共に上面に上部電極を有する振動膜と、前記インク室に対応して前記振動膜上に配設され且つ前記下部電極と上部電極とに挟持された圧電体膜とを有するインクジェット記録ヘッドにおいて、

前記振動膜を、正の膜応力を持つ層と、負の膜応力を持つ層との少なくとも二層を有する積層膜として構成し、これらの膜応力により前記振動膜が持つ膜張力は実質的に零あるいは負であり、この振動膜の膜張力に前記圧電体膜及び前記上部電極の膜張力を加えた膜張力が正であるように構成したことを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

3. 前記振動膜は、単結晶シリコン基板面を酸化して形成した酸化シリコン層と、この酸化シリコン層上に積層した前記下部電極となる金属層とを有し、前記単結晶シリコン基板内に側壁により区画された複数のインク室を形成したことを特徴とする請求項1記載あるいは請求項2記載のインクジェット記録ヘッド。

4. 前記下部電極となる金属層は、前記酸化シリコン層上に直接あるいは中間

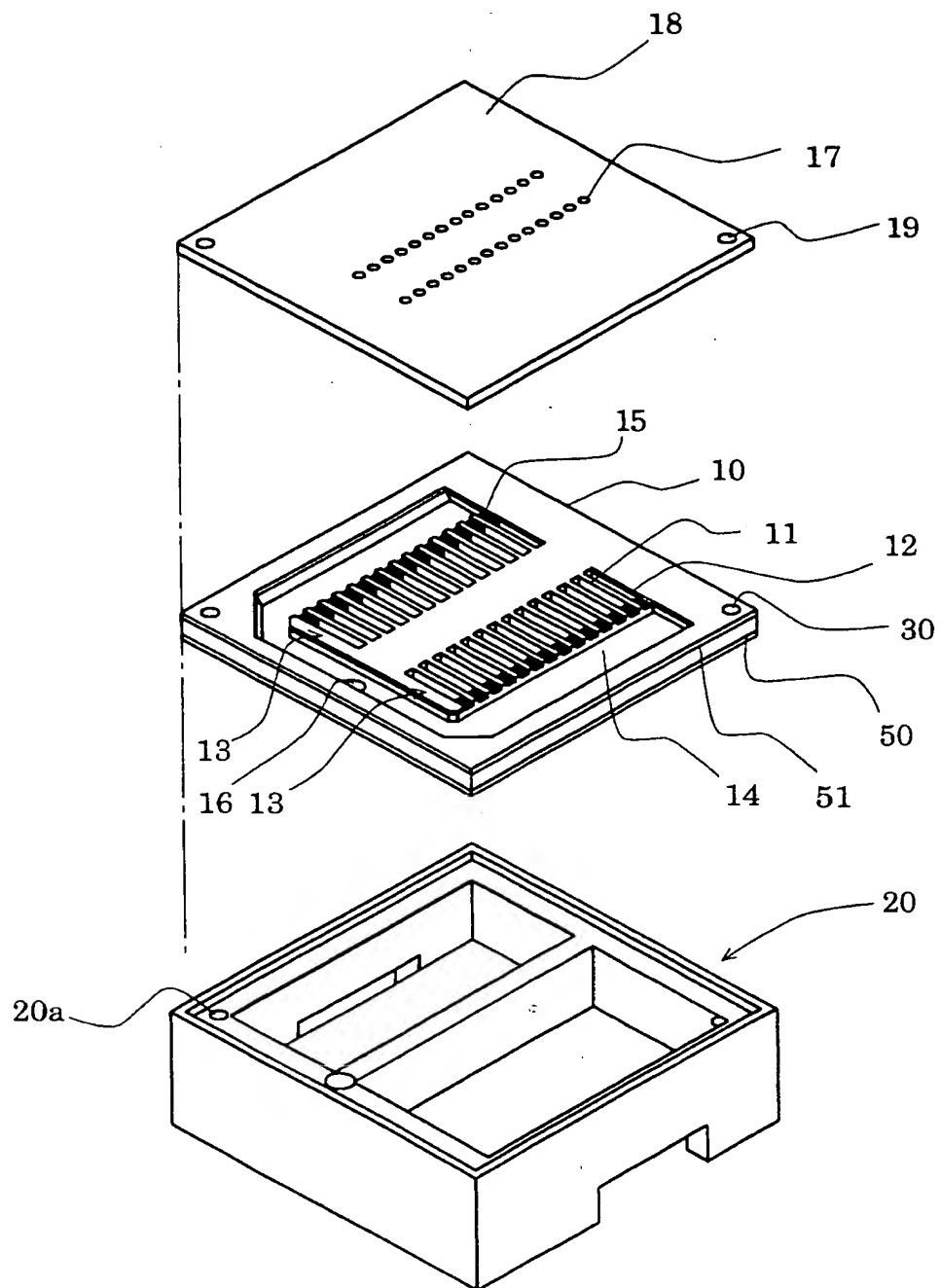
層を介して形成された白金層であり、前記酸化シリコン層と前記白金層とが、  
$$(\text{下部電極膜の厚み}) / (\text{酸化シリコン膜の厚み}) \leq 0.5$$
  
の関係にあることを特徴とする請求項 3 記載のインクジェット記録ヘッド。

5. 前記振動膜は、前記圧電体能動部の周囲で前記インク室の縁部に沿った領域の少なくとも一部に、当該圧電体能動部に対応する部分の前記振動膜の厚さよりも薄い膜厚を有する薄膜部を有することを特徴とする請求項 1～4 の何れかに記載のインクジェット記録ヘッド。

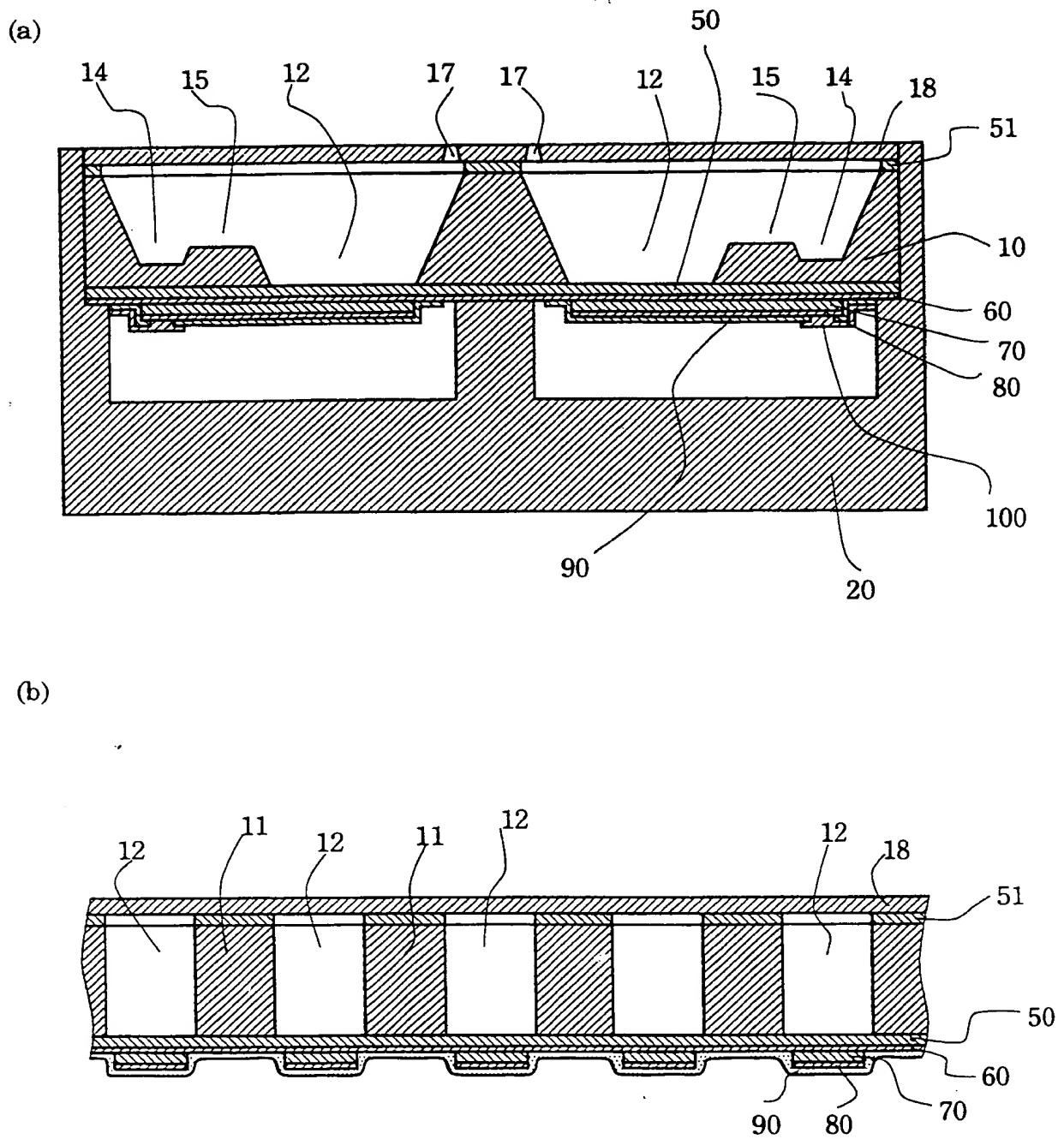
6. 前記振動膜は、単結晶シリコン基板面を酸化して形成した酸化シリコン層と、この酸化シリコン層上に積層された前記下部電極となる金属層とを有し、前記薄膜部では前記下部電極の厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とする請求項 5 に記載のインクジェット記録ヘッド。

7. 前記薄膜部は、前記圧電体能動部の幅方向両側に形成されていることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載のインクジェット記録ヘッド。

第1図

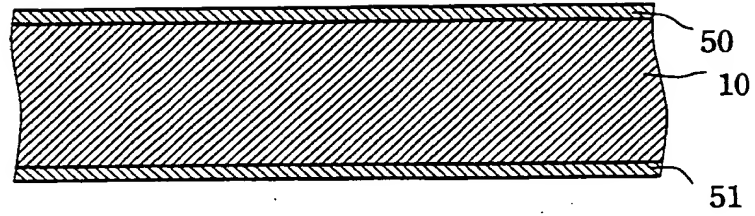


第2図

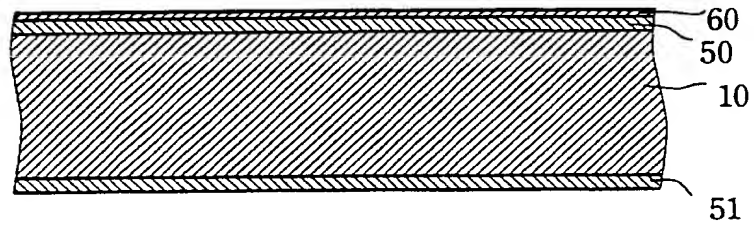


第3図

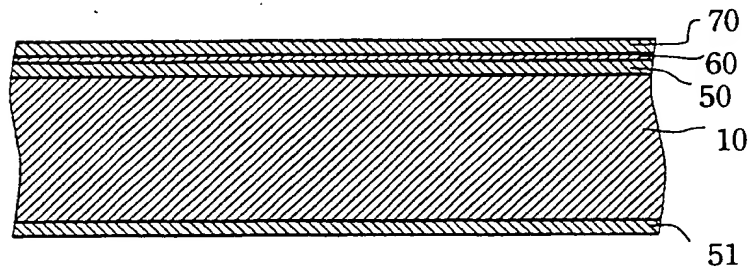
(a)



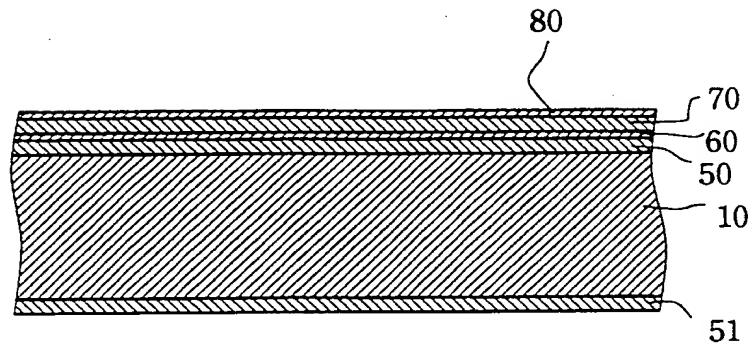
(b)



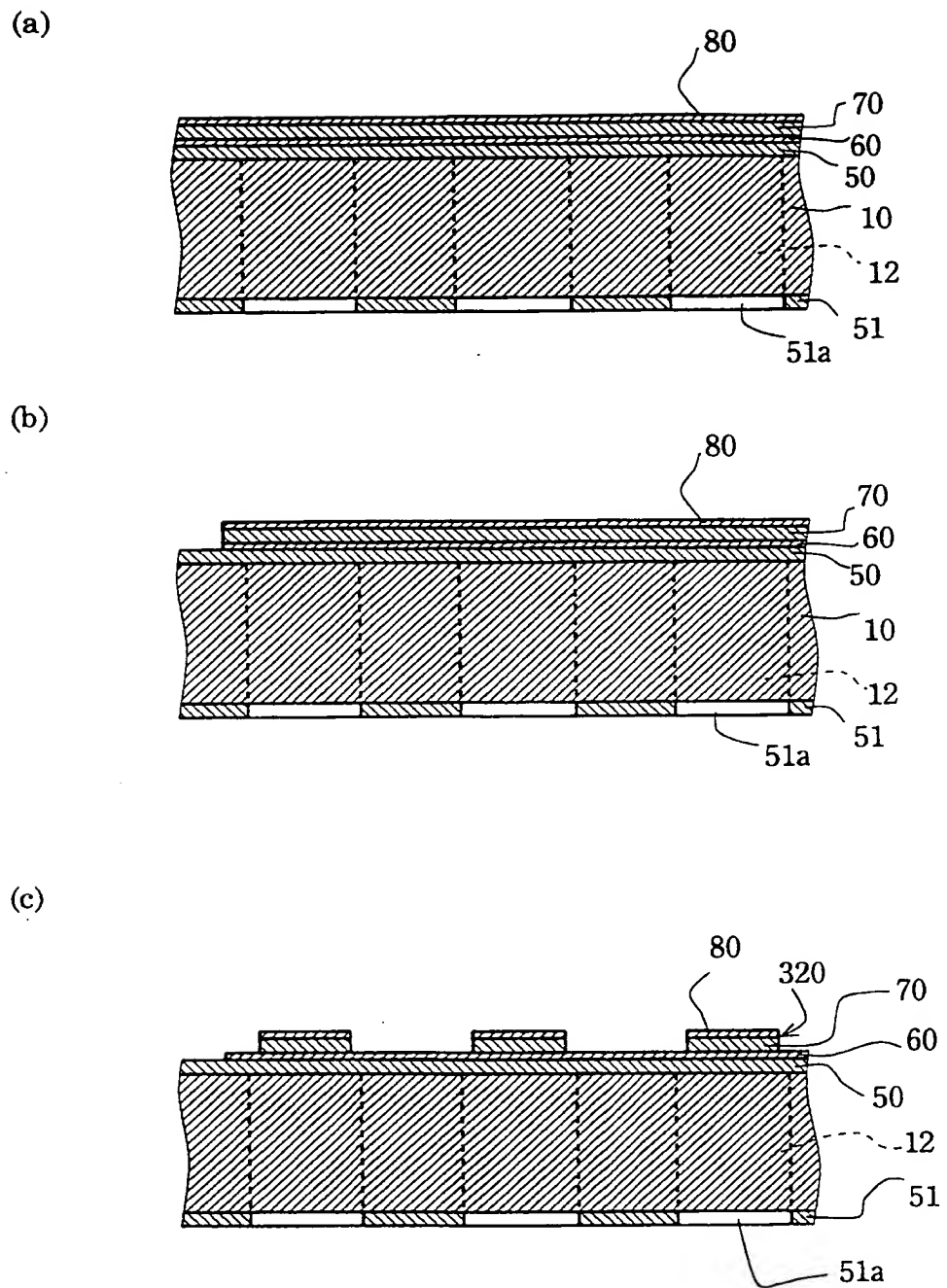
(c)



(d)

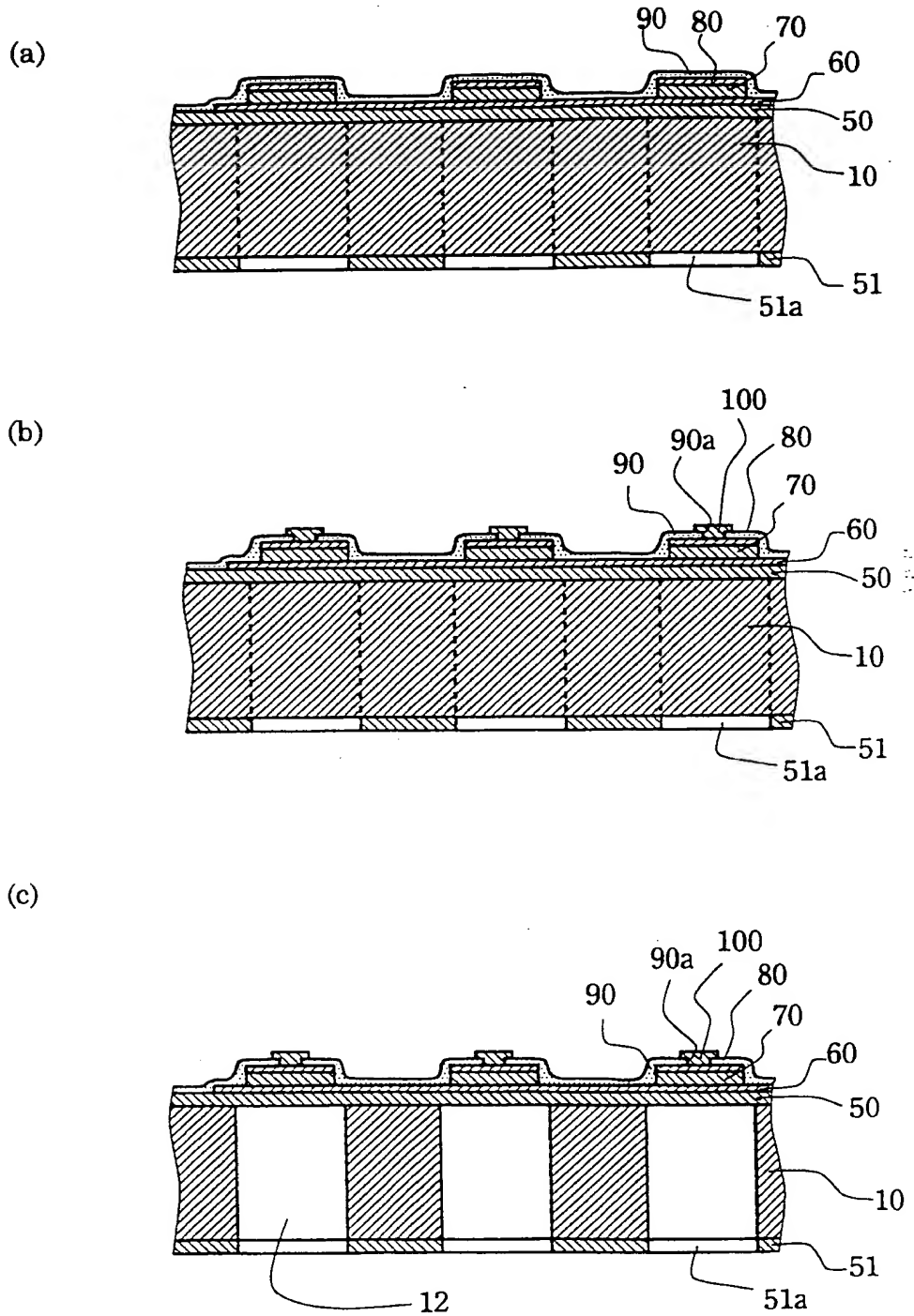


第4図

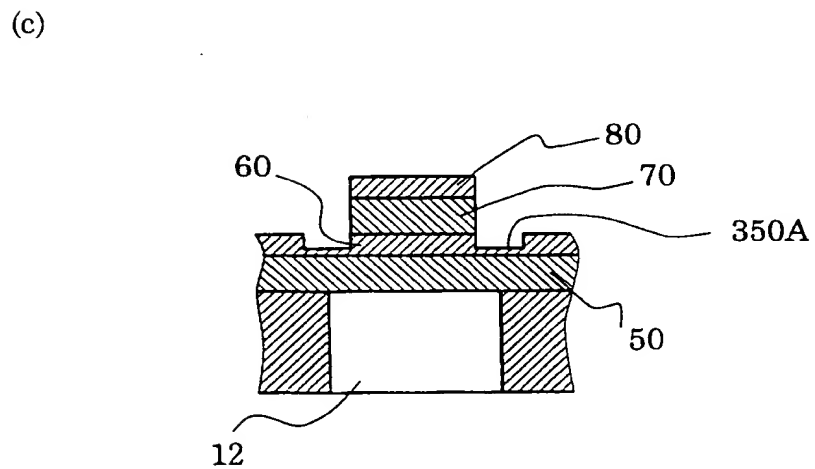
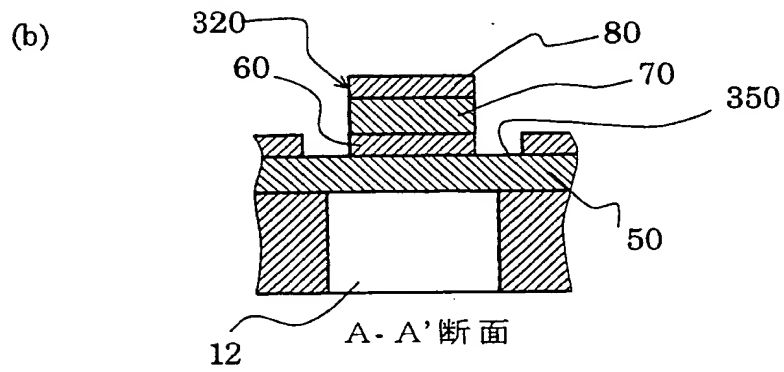
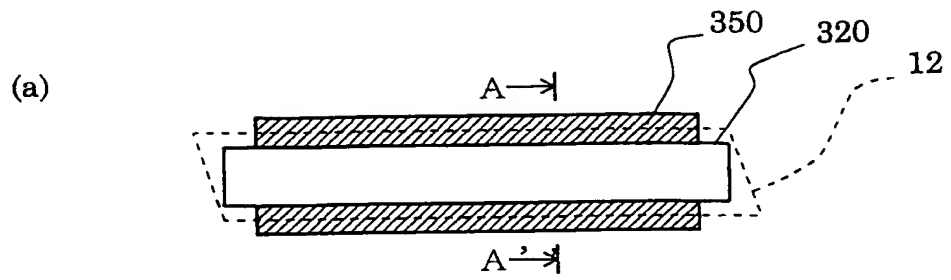




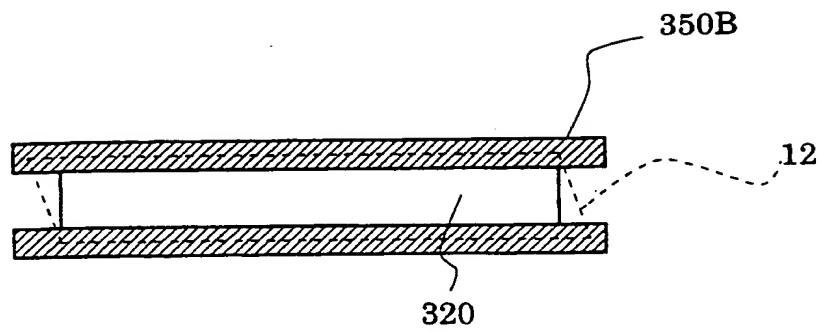
第5図



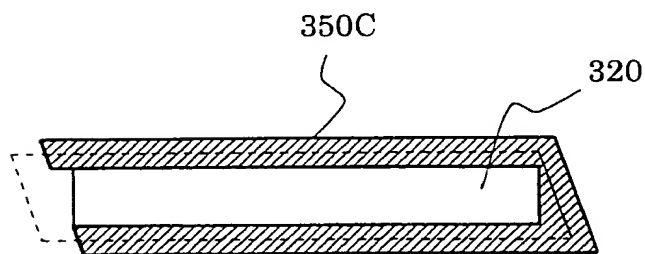
第6図



第7図



第8図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/03916

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. C1<sup>6</sup> B41J2/045

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. C1<sup>6</sup> B41J2/045

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922 - 1997	Jitsuyo Shinan Toroku	1976 - 1997
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1970 - 1997	Koho	
Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994 - 1997		

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 7-246705, A (Seiko Epson Corp.), September 26, 1995 (26. 09. 95) (Family: none)	1 - 4
A	JP, 6-297720, A (Seiko Epson Corp.), October 25, 1994 (25. 10. 94) (Family: none)	1 - 4
A	JP, 6-112550, A (Seiko Epson Corp.), April 22, 1994 (22. 04. 94) (Family: none)	1 - 4
A	JP, 5-286131, A (Rohm Co., Ltd.), November 2, 1993 (02. 11. 93) (Family: none)	1 - 4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

January 8, 1998 (08. 01. 98)

Date of mailing of the international search report

January 20, 1998 (20. 01. 98)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

In Cl<sup>o</sup> B 41 J 2/045

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

In Cl<sup>o</sup> B 41 J 2/045

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1997

日本国公開実用新案公報 1970-1997

日本国登録実用新案公報 1994-1997

日本国実用新案登録公報 1976-1997

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 7-246705, A (セイコーエプソン株式会社) 26. 9月. 1995 (26. 09. 95) ファミリーなし	1-4
A	J P, 6-297720, A (セイコーエプソン株式会社) 25. 10月. 1994 (25. 10. 94) ファミリーなし	1-4
A	J P, 6-112550, A (セイコーエプソン株式会社) 22. 4月. 1994 (22. 04. 94) ファミリーなし	1-4
A	J P, 5-286131, A (ローム株式会社) 2. 11月. 1993 (02. 11. 93) ファミリーなし	1-4

☐ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 01. 98

国際調査報告の発送日

20.01.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

芝 哲 央

2 C

7 8 1 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3221

